

เอกสารประกอบการสอน/เอกสารคำสอน  
รายวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู วฟ 511  
สำหรับนิสิตแพทย์ชั้นปีที่ 5

เรื่อง หลักการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย  
(Electrodiagnosis Medicine)

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์วรพล อร่ามรัศมีกุล

ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู  
คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปรับปรุง ๑๑ พฤษภาคม ๒๕๖๐

## แผนการสอนรายหัวข้อ (Topic Module)

**หัวข้อ** หลักการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย (Electrodiagnosis Medicine)

**รายวิชา** วฟ 511 (เวชศาสตร์ฟื้นฟู)

**ผู้สอน** ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์วรพล อร่ามรัศมีกุล

**ระยะเวลาในการสอน** 2 ชั่วโมง 30 นาที

**วัตถุประสงค์** เพื่อให้บัณฑิตแพทย์ปี 5

1. รู้จักความหมายและประโยชน์ของไฟฟ้าวินิจฉัย
2. สามารถบอกข้อบ่งชี้ ข้อห้าม และประโยชน์ของการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยได้
3. เข้าใจหลักการตรวจการชั่งน้ำหนักกระแสประสาท (Nerve Conduction Study) และการตรวจไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography) ได้
4. สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรคทางออร์โธปิดิกส์ เช่น การบาดเจ็บของเส้นประสาทส่วนปลาย CTS, C- radiculopathy เป็นต้น

**เนื้อหาหัวข้อ**

1. ความหมายและประโยชน์ของไฟฟ้าวินิจฉัย
2. หลักการตรวจการชั่งน้ำหนักกระแสประสาท (nerve conduction study) และการตรวจไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (electromyography)
3. ประโยชน์ ข้อบ่งชี้ และข้อห้ามของการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย
4. วิธีตรวจวินิจฉัย โรคที่พบบ่อย เช่น CTS, peripheral nerve injury, neuropathy

**การจัดประสบการณ์การเรียนรู้**

1. บอกวัตถุประสงค์ และบอกเนื้อหา 5 นาที
2. สอนบรรยายเนื้อหาหัวข้อต่างๆ 60 นาที
3. สอนแสดงการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย 75 นาที
3. นิสิตซักถาม 10 นาที

**สื่อการสอน**

1. CD
2. เครื่องคอมพิวเตอร์ LCD
3. เอกสารประกอบการสอน

## แผนการสอน

1. ศึกษาเอกสารประกอบการสอนก่อนเข้าเรียน
2. บอกข้อบ่งชี้ ข้อห้าม และประโยชน์ของการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย
3. การชักนำกระแสประสาทและการตรวจไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

## เอกสารอ่านประกอบ

ตำราเวชศาสตร์ฟื้นฟู พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เทคนิค 2539

## การวัดและประเมินผล

1. ประเมินคุณภาพการสอนและผลการเรียนขณะที่มีการเรียนการสอนอยู่โดย
  - 1.1 การเข้าเรียนสม่ำเสมอ
  - 1.2 สังเกตพฤติกรรมการเรียน การซักถาม และการปฏิบัติ
2. มีการสอบข้อเขียน MCQ หลังสิ้นสุดการเรียนการสอน นำคะแนนทั้งหมดมาตัดเกรดทั้งอิงเกณฑ์ และอิงกลุ่ม และดูความตั้งใจและเจตคติ

## หนังสืออ้างอิง

1. เพ็ญฟ้า คุณาตร. ไฟฟ้าวินิจฉัย. ใน: เสก อักษรานุเคราะห์. ตำราเวชศาสตร์ฟื้นฟู, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เทคนิค 19; 2539: หน้า 57-73.
2. ภาณุพันธ์ ทรงเจริญ. การบาดเจ็บของเส้นประสาท, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์: 2539.
3. ราตรี สุทธทรง, วีรชัย สิงหนิยม. ประสาทสรีรวิทยา, พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: 2545.
4. De Lisa JA, Mackenzie K. Manual of Nerve Conduction Study and Surface Anatomy for needle Electromyography, 4<sup>th</sup> edition, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins : 2005.
5. Daniel Dumitru. Electrodiagnostic Medicine, 2<sup>nd</sup> edition, Philadelphia, Hanley & Belfus, Inc.: 2002.
6. Daniel Dumitru, Michael Andary. Electrodiagnostic medicine I: Fundamental principles. In: Randall L. Braddom. Physical Medicine & Rehabilitation, 4<sup>th</sup> ed. Philadelphia, Saunders; 2011. p. 170-94.

## หัวข้อการสอนหลักการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย (Electrodiagnostic Medicine EDx)

**ไฟฟ้าวินิจฉัย** คือ การตรวจพิเศษโดยนำเครื่องมือทางไฟฟ้ามาตรวจวินิจฉัยความผิดปกติ ของเส้นประสาทและกล้ามเนื้อ โดยอาศัยคุณสมบัติทางประสาทสรีรวิทยา ร่วมกับประวัติและการตรวจร่างกาย ซึ่งสามารถนำมาใช้วินิจฉัยแยกโรค หาดำแหน่งของโรค ระยะเวลาในการดำเนินโรค ความรุนแรงของโรค การฟื้นตัวและการพยากรณ์ของโรคที่เกี่ยวกับหน่วยยนต์และเซลล์ที่เกี่ยวข้องเฉพาะในส่วนของ lower motor neuron

การตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยเป็นวิธี non invasive และมีข้อควรระวังในผู้ป่วยที่มีโรคเลือดออกง่าย หรือได้รับยาที่มีผลต่อการแข็งตัวของเลือดเช่น Aspirin ผู้ป่วยที่มีผิวหนังอักเสบติดเชื้อในบริเวณที่ต้องการตรวจหรือในตำแหน่งอวัยวะที่สำคัญของร่างกาย

**Motor unit** หรือหน่วยยนต์เป็นโครงสร้างทางกายวิภาคและเป็นพื้นฐานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ซึ่งหน่วยยนต์ประกอบด้วย

1. Alpha motor neuron ซึ่งอยู่ที่ Anterior horn cell ในไขสันหลัง
2. Nerve root & Plexus
3. Peripheral nerve
4. Neuromuscular junction (NMJ)
5. Muscle fibers

### Basic physiologic of nerve tissue

**Resting membrane potential** ปกติจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง -90 ถึง -70 mV ซึ่งเกิดจากการที่มีปริมาณไอออนภายในและภายนอกเซลล์ไม่เท่ากัน ปกติ Na<sup>+</sup>ไอออนจากในเซลล์จะออกไป 3 ไอออน และมี K<sup>+</sup>ไอออนเข้ามาในเซลล์ 2 ไอออน นอกจากนี้ยังมีโปรตีนที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และมีประจุเป็นลบ ไม่สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ ดังนั้นจะทำให้ค่าภายในเซลล์เป็นลบเมื่อเทียบกับภายนอกเซลล์

**Action potential** การเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าจะเกิดขึ้นเมื่อถูกกระตุ้นด้วยพลังงานไฟฟ้า การใช้สารเคมี ความร้อน ความเย็น ซึ่งจะเป็นไปตามคุณสมบัติของศักย์ไฟฟ้า คือ All or None Law ซึ่งถ้าการเกิดศักย์ไฟฟ้าไม่ถึงระดับ threshold ก็จะเกิดเฉพาะ local response เท่านั้น

## การบาดเจ็บของเส้นประสาท (Nerve injury)

การบาดเจ็บของเส้นประสาทได้มีการแบ่งประเภทของการบาดเจ็บหลายแบบแต่ที่นิยมใช้คือ

### 1. Seddon Classification (คศ.1943) สามารถแบ่งออกเป็น

- Neurapraxia เทียบเท่า 1<sup>st</sup> degree ของ Sunderland classification ซึ่งมีการบาดเจ็บหรือเปลี่ยนแปลงเฉพาะ myelin sheath ที่หุ้ม axon เท่านั้น ซึ่งจะพบความผิดปกติจากการตรวจ Nerve conduction study คือ การไม่สามารถนำกระแสประสาทได้ชั่วคราว (Conduction block)
- Axonotmesis เทียบเท่า 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> และ 4<sup>th</sup> degree ของ Sunderland classification การบาดเจ็บชนิดนี้จะมี Wallerian degeneration หรือ Axonal degeneration ซึ่งจะมีความผิดปกติจากการตรวจด้วย needle EMG ที่เป็นสัญญาณผิดปกติในกล้ามเนื้อที่เส้นประสาทนั้นเลี้ยงเช่น positive sharp wave, fibrillation เป็นต้น
- Neurotmesis เทียบเท่า 5<sup>th</sup> degree ของ Sunderland classification เป็นการบาดเจ็บที่รุนแรงที่สุดเพราะเส้นประสาทฉีกขาดออกจากกัน ซึ่งการใช้ไฟฟ้าวินิจฉัยไม่สามารถแยกจากการบาดเจ็บแบบ Axonotmesis ได้ เพราะให้รูปแบบเหมือนกันจากการตรวจด้วย Nerve conduction study และ needle EMG

### 2. Sunderland Classification (คศ.1951) สามารถแบ่งออกเป็น

- 1<sup>st</sup> degree เป็นการบาดเจ็บที่พบภาวะ Focal demyelination
- 2<sup>nd</sup> degree เป็นการบาดเจ็บที่พบภาวะ Axonal degeneration with intact endoneurium
- 3<sup>rd</sup> degree เป็นการบาดเจ็บที่พบภาวะ Axonal degeneration with intact perineurium
- 4<sup>th</sup> degree เป็นการบาดเจ็บที่พบภาวะ Axonal degeneration with intact epineurium
- 5<sup>th</sup> degree เป็นการบาดเจ็บที่พบภาวะ Complete axonal degeneration

## การฟื้นคืนของเส้นประสาทหลังการบาดเจ็บ

เส้นประสาทที่มีการบาดเจ็บแบบ Neurapraxia เป็นการบาดเจ็บที่มีการฟื้นคืนของเส้นประสาทดี และจะกลับคืนสู่สภาพปกติในช่วงระยะเวลาประมาณ 2-4 สัปดาห์

เส้นประสาทที่บาดเจ็บแบบ Axonotmesis การบาดเจ็บนี้จะเกิดขบวนการที่เรียกว่า Wallerian degeneration หรือ Axonal degeneration ทำให้ขบวนการฟื้นคืนเส้นประสาทจะช้ากว่าการบาดเจ็บแบบ Neurapraxia อีกทั้งยังขึ้นกับระยะทางระหว่างตำแหน่งการบาดเจ็บของเส้นประสาทและ

กล้ามเนื้อที่เส้นประสาทนั้นเลี้ยงด้วย โดยถ้ากล้ามเนื้อนั้นอยู่ห่างจากบริเวณที่มีการบาดเจ็บของเส้นประสาทมากจะมีการ regeneration ประมาณ 1-2 มิลลิเมตรต่อวัน แต่ถ้ากล้ามเนื้อนั้นอยู่ใกล้กับตำแหน่งที่บาดเจ็บจะมี regeneration ประมาณ 6-8 มิลลิเมตรต่อวัน

เส้นประสาทที่มีการบาดเจ็บแบบ Neurotmesis การบาดเจ็บแบบนี้จำเป็นต้องใช้วิธีการรักษาด้วยการผ่าตัดเย็บซ่อมปลายเส้นประสาทที่ขาดเข้าหากัน

## การตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยประกอบด้วย

1. การตรวจการชักนำกระแสประสาทมีสองประเภทคือ การตรวจการชักนำกระแสประสาทรับความรู้สึก (Sensory Nerve Conduction Studies SNCS) และการตรวจการชักนำกระแสประสาทสั่งการ (Motor Nerve Conduction Studies MNCS)
2. การตรวจ Needle Electromyography (EMG)
3. การตรวจ Late Response
4. การตรวจ Repetitive Nerve Stimulation (RNS)
5. การตรวจอื่นๆ เช่น การตรวจ Blink Reflex เป็นต้น

## ประโยชน์ในการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย

1. ค้นหาตำแหน่งของโรค (Localization)
2. บ่งบอกชนิดของการบาดเจ็บของเส้นประสาท (Type of nerve injury)
3. บ่งบอกการพยากรณ์โรค (Prognosis)
4. แนวทางการดูแลรักษา (Management guideline)
5. ติดตามการรักษาและประเมินการฟื้นคืนของเส้นประสาท (Follow up for regeneration)

## ตัวอย่างโรคที่สามารถตรวจได้จากไฟฟ้าวินิจฉัย

1. โรคในกลุ่ม Anterior Horn Cell Diseases เช่น โรค Motor Neuron Disease, Poliomyelitis
2. โรคในกลุ่ม Radiculopathies ซึ่งอาจจะมีการถูกกดทับบริเวณ nerve root โดยอาจเกิดจากความเสื่อมของกระดูก การเคลื่อนมาดทับของหมอนรองกระดูก และก้อนเนื้อ
3. โรคในกลุ่ม Plexopathies เช่น Brachial plexus injury ซึ่งอาจเกิดจากการอุบัติเหตุ การฉายแสง หรือมะเร็งกระจายมาบริเวณดังกล่าว
4. โรคในกลุ่ม Polyneuropathies เช่น Guillain-Barre Syndrome, โรคเรื้อรังเช่น เบาหวาน
5. โรคในกลุ่ม Entrapment Neuropathies เช่น Carpal tunnel syndrome, Tarsal tunnel syndrome
6. โรคในกลุ่ม Neuromuscular Junction Disorders เช่น Myasthenia Gravis, Myasthenic Syndrome
7. โรคในกลุ่ม Myopathic Disorders เช่น Polymyositis

## ขั้นตอนการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย

เริ่มจากการซักประวัติและ ตรวจร่างกาย จากนั้นวินิจฉัยแยกโรคในผู้ป่วยก่อน แล้วนำวินิจฉัยแยกโรคนั้นมาเลือกการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยที่เหมาะสมคือทำการตรวจให้น้อยที่สุดแต่ได้ข้อมูลที่มากที่สุด หลังจากนั้นทำการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยที่เลือกไว้ และนำผลตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยมาแปลผล

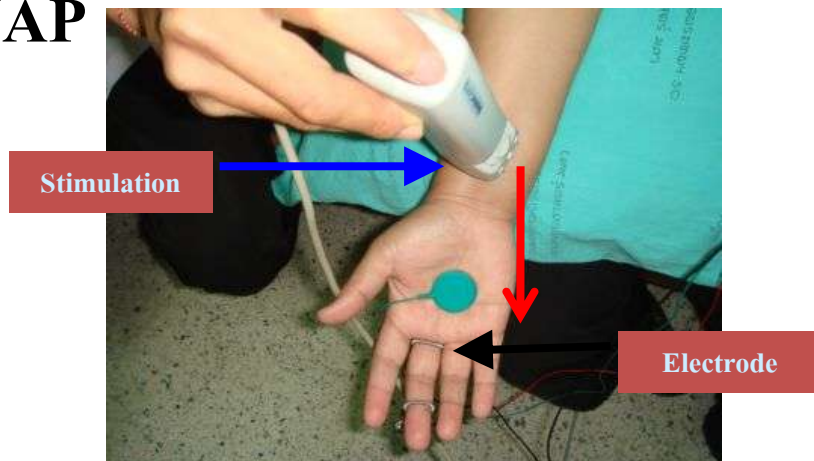
### 1. การตรวจการชั่งนำกระแสประสาท (Nerve conduction study NCV)

1.1 Sensory Nerve conduction studies SNCS คือ การตรวจเส้นประสาทรับความรู้สึกโดยใช้ไฟฟ้ขนาด supramaximal กระตุ้นและบันทึก Sensory nerve action potential (SNAP) ซึ่งมีเทคนิควิธีกระตุ้นเส้นประสาท 2 แบบ คือ

1.1.1 Orthodromic Stimulation คือ การตรวจกระตุ้นตาม physiologic ของเส้นประสาท

1.1.2 Antidromic Stimulation คือ การตรวจกระตุ้นที่ตรงข้ามกับ physiologic ของเส้นประสาท ข้อเสียของวิธีนี้คือ รูปร่างของ SNAP ที่ได้จะถูกบิดเบือนโดย muscle potential ที่เกิดจากการกระตุกของกล้ามเนื้อที่อยู่ใกล้ๆ แต่มีข้อดีคือ SNAP ที่ได้จะมีขนาดใหญ่กว่า และมีลักษณะเป็น Bipolar shape มากกว่าการกระตุ้นแบบ Orthodromic

**SNAP**



**Antidromic**

รูปที่ 1 แสดงวิธีการตรวจการชั่งนำกระแสประสาทรับความรู้สึก Median แบบ antidromic stimulation

### ค่าที่วัดได้จากการกระตุ้นเส้นประสาทรับความรู้สึกคือ

**Latency (L)** หรือ conduction time หมายถึง เวลาของการชักนำกระแสประสาทที่ทำให้เกิด action potential มีหน่วยเป็น millisecond (ms) มีการกำหนดค่าเป็น 2 แบบคือ

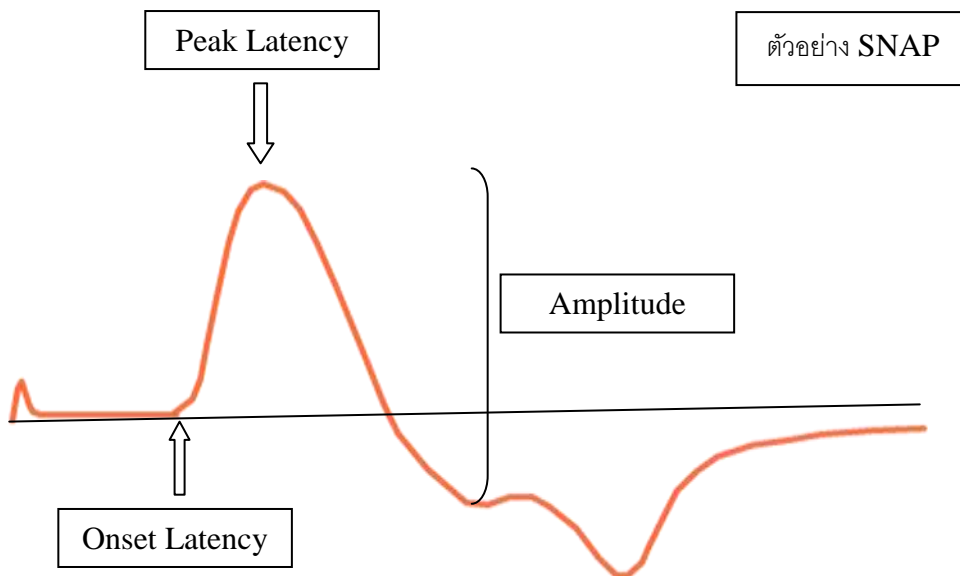
- Onset หรือ initial latency คือ เวลาที่เริ่มมีการเกิด action potential
- Peak latency คือ เวลาที่เกิด action potential สูงสุด

**Amplitude** เป็นการวัดความสูงของ action potential ที่เกิดขึ้น ซึ่งแสดงถึงจำนวนใยประสาท (axon nerve fiber) ที่ยังทำงานอยู่ในเส้นประสาทนั้น มีหน่วยเป็น microvolt (mV) ถ้ามีการสูญเสีย axon จำนวนมากความสูงนี้จะลดลง

**Nerve conduction velocity (NCV)** คือ อัตราความเร็วของการชักนำกระแสประสาทซึ่งเป็นการบอกถึงการทำงานของ myelin ถ้ามีการสูญเสีย myelin sheaths หรือมีการอุดตันของการนำไฟฟ้า (conduction block) NCV จะช้าลง

NCV สามารถวัดได้โดยนำค่าของระยะทางระหว่างจุดกระตุ้นถึงจุดรับ (D) ทหารด้วยค่าของ latency (L) มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที

$$NCV = D/L \text{ m/sec}$$



รูปที่ 2 แสดง Sensory nerve action potential (SNAP)

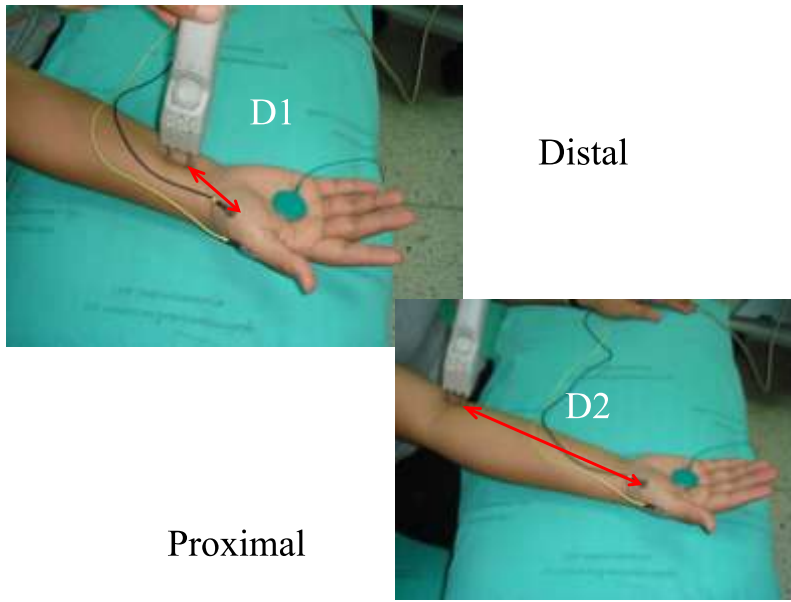


**ตารางที่ 1** ตารางสรุปความผิดปกติของการตรวจ Sensory nerve conduction studies

Prolong DSL (distal sensory latency)	Low SNAP amplitude (sensory nerve action potential)	Slow SNCV (sensory nerve conduction velocity)
Low distal limb temp Demyelination in distal part Loss of large myelinated fiber Distal axonal stenosis Channelopathy	Temporal dispersion Conduction block Loss of large myelinated axons Severe axonal stenosis Technical factor - Poor electrode placement, edema, submax. stim.	Diffuse, focal, multifocal demyelination Loss of large myelinated fiber 80% lower limit Mark axonal stenosis Channelopathies mark slow 20-80% of lower limit Demyelination predominate

**1.2 Motor nerve conduction study MNCS** เป็นการตรวจเส้นประสาทสั่งการด้วยกระแสไฟฟ้าขนาด supramaximal เหนือต่อกล้ามเนื้อที่เส้นประสาทนั้นไปเลี้ยง สามารถบันทึก compound muscle action potential (CMAP หรือ M wave) สามารถบันทึกค่าของ latency, amplitude และ NCV ของเส้นประสาทสั่งการได้ แต่การหาค่าความเร็วของการชักนำของประสาทสั่งการ (motor nerve conduction velocity) ต้องเกิดจากการกระตุ้นเส้นประสาท 2 จุด โดยใช้ระยะทางของ 2 จุด ทหารด้วยระยะผลต่างของ latency ของ CMAP ทั้ง 2 จุดนั้น

$$MNCV = D2-D1 / L2-L1 \text{ m/sec}$$



รูปที่ 2 แสดงวิธีการตรวจการชักนำกระแสประสาทสั่งการ Median nerve

ตารางที่ 2 ตารางสรุปความผิดปกติของการตรวจ Motor nerve conduction studies

Prolong DML	Low CMAP amplitude	Slow MNCV
Same cause as prolong DSL	Disorder low density of functional innervated muscle fiber Disorder low action potential current generating capacity of muscle fiber eg. myopathy Temporal dispersion Conduction block Anomalous innervation Technical factor	Same cause as slow SNCV

ผลทางสรีรวิทยาที่มีต่อการเกิดกระแสประสาท ( Physiological factor affect action potential propagation)

1. เพศ พบว่าเพศหญิงมี NCV มากกว่าในผู้ชาย

2. อายุ พบว่าในเด็กแรกเกิดจะมีค่า NCV ประมาณ 50% ของผู้ใหญ่ และจะมีค่าเท่าผู้ใหญ่ เมื่ออายุประมาณ 3-5 ปี และจะลดลงเมื่ออายุมากขึ้นหลังอายุ 50 ปีพบว่ามีอัตราการลดลง 1-2 m/sec/decade

3. ส่วนสูง พบว่าในคนที่สูงจะมี NCV ช้ากว่าในคนที่เตี้ยกว่า

4. อุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิที่ลดลงจะทำให้ NCV ช้าลง แต่จะมีการเพิ่มขึ้นของ SNAP และ CMAP amplitude โดยอุณหภูมิที่ลดลง 1 องศา จะทำให้ NCV ลดลงประมาณ 2.4 msec อุณหภูมิที่เหมาะสมของแขนและขาจึงไม่ควรต่ำกว่า 32 องศา ในขณะตรวจ Nerve conduction study

2. การตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography / EMG) เป็นการตรวจดูความผิดปกติของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยใช้เข็ม และมีขั้นตอนในการตรวจคือ

- เตรียมผู้ป่วย แจ้งวัตถุประสงค์ในการตรวจ และอธิบายการตรวจ
- เลือกกล้ามเนื้อที่จะตรวจและทำการตรวจด้วยเข็มด้วยความระมัดระวัง และก่อให้เกิดความเจ็บปวดกับผู้ป่วยให้น้อยที่สุด
- สังเกตคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นตามลำดับดังนี้

1. **Resting potential** ปกติถ้าไม่มีการเคลื่อนไหวของเข็ม รูปแบบคลื่นไฟฟ้าที่บันทึกได้ควรเป็น silent pattern แต่ถ้ามี Nerve degeneration หรือ Muscle membrane irritability จะพบคลื่นไฟฟ้าที่ผิดปกติได้ เช่น positive shape wave เป็นต้น

2. **Insertional Activity** ปกติถ้ามีการขยับเข็มจะมี electrical activity ตามมาได้แต่จะหยุดทันทีเมื่อเราหยุดเข็ม แต่ในภาวะที่มีพยาธิของเส้นประสาทหรือกล้ามเนื้อจะพบว่าจะยังมี electrical activity อยู่หลังหยุดเข็มแล้วเรียกว่า increase insertional activity แต่ถ้าพยาธิสภาพนั้นเป็นนานมากจนเกิด fibrosis ขึ้นจะพบว่า insertional activity จะลดลงหรือ decrease insertional activity

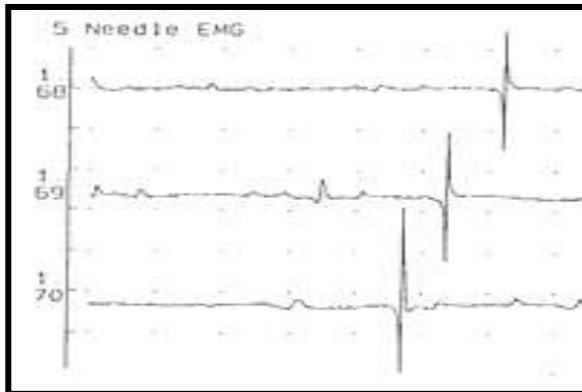
3. **Minimal contraction** ให้มีการเกร็งกล้ามเนื้อเล็กน้อย เพื่อดู Single motor unit action potential (MUAP) และดู morphology ของ MUAP

4. **Maximal contraction** ให้มีการเกร็งกล้ามเนื้อเต็มที่เพื่อดูว่ามี complete interference pattern หรือไม่

## ตัวอย่างคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ผิดปกติ

### 1. Fibrillation

เป็น spontaneous activity ของ single muscle fiber ที่มี amplitude 50 – 300 duration 0.5 – 2 msec, regular rhythm มีลักษณะปกติเป็น triphasic with initial positive เกิดจากความผิดปกติของ muscle membrane irritability เช่น มีภาวะ denervation



### 2. Positive sharp wave

เป็น spontaneous activity ลักษณะเป็น shape positive deflection ตามด้วย long duration มีขนาดและความถี่ต่างๆ กัน เกิดจาก muscle membrane irritability ซึ่งมักจะพบก่อน fibrillation



